

$$D(N) = 1 - \beta \frac{k(\xi) \sqrt{D_1 t (\delta / r)^{0.5}}}{h} \times \left\{ \frac{\exp\{-bt\}}{1 + \left[\frac{E_n}{E_c} \left(1 + \frac{E_c}{k_c} \right) \cdot V_n \cdot \frac{G}{1+G} + \frac{G}{1-V_n(1+G)} \right] \frac{1}{\exp(-bt)}} \right\}$$

Эта функция была применена для прогнозирования долговечности клеевой композиции на основе акрилового полимера. Расчеты показали, что долговечность такого материала в зависимости от его состава колеблется от 43 до 50 лет. Натурные наблюдения за анкерами указанного типа в течение более 20 лет подтвердили долговечность акриловых клеев.

1.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Клименко В.З. и др. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве. – К.: Будівельник, 1990. – 136 с.

2.Шутенко Л.Н., Золотов С.М., Гарбуз А.О. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений // Будівельні конструкції: 36. наук. праць. Вип. 54. – К.: НДБК, 2001. – С.810-814.

3.Золотов С.М. Акриловые клеи для крепления анкерами башенных сооружений // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. праць. Вип. 2001-5. – Макіївка: ДонДАБА, 2001. – С.179-182.

4.Золотов С.М. Стойкость акриловых клеев к агрессивным воздействиям // 36. наук. праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». Вип. 7. – рівне: РДГУ, 2001. – С.41-50.

5.Золотов С.М. Оценка долговечности клеевых композиций на основе акриловых полимеров // Прогнозирование в материаловедении: Материалы к 41-у международному семинару по моделированию и оптимизации композитов. – Одесса: ОГАСА, 2002. – С.181-182.

Получено 03.09.2002

УДК 678.5.033 : 532.135 : 541.6

А.Н.РОССОХА, А.Н.ЧЕРКАШИНА, кандидаты техн. наук

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

СТРУКТУРНО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Приводятся исследования структурно-группового состава и реологических свойств композиционных систем на основе фурано-эпоксидных реакционноспособных олигомеров, в состав которых входят дисперсные наполнители. Определены аналитические зависимости, характеризующие относительную вязкость системы от степени наполнения.

Реологические свойства, выбор метода переработки материалов в конкретные изделия, технологичность процесса формования полимеров, наполненных твердыми непористыми дисперсными частицами в значительной мере определяется параметрами структурно-группового состава композиционной системы [1].

Полимерное связующее наполненной композиционной системы можно представить в виде свободной, недоступной полимерной части и межфазного (адсорбционного) слоя заданной толщины. Полимерная фаза обуславливает перерабатываемость, формуемость и реологические свойства наполненных непористыми частицами полимерных материалов.

Течение наполненных полимерных систем осуществляется за счет свободной полимерной фазы. С увеличением объемной доли наполнителя в композиции среднее расстояние между частицами и толщина адсорбционного слоя уменьшаются в результате перераспределения свободной и связанной полимерной фазы между частицами, обусловленной электрокинетическими и адсорбционными процессами. Адсорбционный слой не имеет четко ограниченных размеров и размыт далеко от поверхности частиц наполнителя. Межфазный (адсорбционный) слой не участвует в процессе течения наполненной системы. Причем объемная доля свободной полимерной фазы определяется как разность между объемом композиции и объема так называемых "эффективных" частиц - объем частиц наполнителя вместе с адсорбционным (межфазным) слоем.

Доля недоступного объема полимера и максимальная объемная степень наполнения существенно изменяются в зависимости от метода, технологии формования и параметров смешения. Причем, чем большая степень наполнения достигается при смешении ингредиентов материала, тем выше качество смешения и меньше доля недоступного объема полимера в композиционном материале. Этот метод является простым, надежным и эффективным для определения оптимальных параметров технологии смешения и качества получаемого наполненного полимерного материала.

Полимерные композиционные материалы на основе фурано-эпоксидных связующих нашли применение в строительной индустрии в качестве полимерзамазок, полимербетонов, адгезивов и других герметизирующих компаундов.

Представляло интерес исследовать влияние структурно-группового состава наполненных фурано-эпоксидных композиционных систем на их реологические свойства.

В качестве полимерного связующего выбран фурано-эпоксидный реакционноспособный олигомер (ФАЭД), представляющий собой продукт термомеханического совмещения фурфуrolацетонного мономера марки ФАМ и эпоксидианового олигомера ЭД-20 в массовом соотношении 4 : 1.

В табл.1 представлен химический состав (%) изученных минеральных дисперсных наполнителей.

Таблица 1

Наполнитель	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O
Мука кварцевая	98,64	1,03	0,12	0,28	0,16	-	-
Мука андезитовая	63,41	17,72	4,74	2,77	3,04	-	8
Каолин	45,4	38,8	0,30	0,10	-	-	13,8
Периклаз	0,01	0,02	-	-	99,5	-	-
Песок кварцевый	94,80	5,53	0,58	0,04	0,93	0,21	-

Структурно-реологические свойства дисперсных наполнителей определяли по известным лабораторным методикам [2], реологические параметры наполненных ФАЭД изучали с помощью ротационного реовискометра "Реотест -2".

В табл.2 приведены данные о структурно-реологических свойствах изученных дисперсных наполнителей: $D_{эф}$ – средний эффективный диаметр частиц; d – плотность; d_n – насыпная плотность; U – уплотняемость; I – индекс трения; K – коэффициент предельно плотной упаковки частиц наполнителя в слое; E – содержание пустот в слое наполнителя.

Таблица 2

Наполнитель	D , мм	d , кг/м ³	d_n , кг/м ³	U	I	K	E
Мука кварцевая	0,040	2650	1150	0,228	1,296	0,470	0,53
Мука андезитовая	0,040	2700	1080	0,234	1,305	0,420	0,58
Каолин	0,035	2510	375	0,569	2,320	0,327	0,65
Периклаз	0,400	3600	2200	0,125	1,150	0,550	0,45
Песок кварцевый	0,450	2650	1450	0,121	1,138	0,562	0,44

Для дисперсных наполнителей с размером частиц более 40 мкм параметр K практически не зависит от диаметра и равен среднестатистической плотности кубической упаковки частиц ($\approx 0,56$). С уменьшением размера частиц плотность их упаковки и параметр K снижаются. Это связано как с изменением формы частиц, так и с образованием достаточно крупных агрегатов из отдельных частиц. При этом в системе присутствуют два вида пор - внутри агрегата и вне его, причем суммарная пористость возрастает, что ведет к снижению насып-

ной плотности и параметра К.

Размер частиц влияет как на процесс формирования и параметры дисперсной структуры композиционного материала, так и на эпюру полей напряжений и, следовательно, на свойства такого материала. Значение К наполнителя в свободном состоянии и непосредственно в композите в значительной мере зависит от размера его частиц. При использовании наполнителей с размером частиц более 40 мкм К наполнителя в свободном состоянии и в композиционном материале совпадают. Для наполнителей с диаметром частиц менее 40 мкм, способных к агрегированию, значение К для наполнителя и в композиционном материале могут существенно различаться.

В табл.3 представлены некоторые параметры структурно-группового состава исследованных наполненных фурано-эпоксидных систем: Θ – объемная доля абсолютно свободной полимерной фазы, обеспечивающей чисто вязкий характер течения системы; Δ – объемная доля недоступного полимера в композиции, заключенная между "эффективными" частицами при предельной степени наполнения и флуктуациях их плотности в жидкой среде со степенью ниже предельной; Φ – объемная доля полимера в композиции; А – коэффициент разъединения частиц наполнителя полимером.

Таблица 3

Наполнитель	Θ	Δ	Φ	А
Мука кварцевая	0,894	0,056	0,95	9,4
	0,362	0,338	0,70	1,6
Мука андезитовая	0,881	0,069	0,95	8,4
	0,286	0,414	0,70	1,4
Каолин	0,847	0,100	0,95	6,5
	0,083	0,599	0,70	1,1
Периклаз	0,909	0,040	0,95	11,0
	0,454	0,245	0,70	1,8
Песок кварцевый	0,911	0,039	0,95	11,2
	0,466	0,234	0,70	1,9

В табл.4 приведены аналитические зависимости относительной вязкости (W) фурано-эпоксидных систем в зависимости от типа наполнителя.

По второму члену уравнения можно судить об изменении вязкости и коэффициента формы "эффективных" частиц в зависимости от объемной доли абсолютно свободной полимерной фазы. Третий член уравнения учитывает изменение вязкости системы в зависимости от степени неоднородности распределения твердой фазы в жидкой среде - компонент флуктуаций плотности частиц. Четвертый член уравнения

характеризует изменение вязкости в результате образования недоступного объема полимерной фазы между "эффективными" частицами, соединяющимися в агрегаты при неоднородном распределении частиц в жидкой среде. В предельном случае получаем компонент вязкопластической деформации полимерной системы за счет недоступного объема в плотной упаковке "эффективных" частиц при предельном наполнении [3].

Таблица 4

Наполнитель	Вид аналитической зависимости
Мука кварцевая	$W = 1 + 0,552c/(0,47-c)^2 + 0,834c/(0,47-c) + 4,325c$
Мука андезитовая	$W = 1 + 0,441c/(0,42-c)^2 + 0,608c/(0,42-c) + 2,880c$
Каолин	$W = 1 + 0,267c/(0,33-c)^2 + 0,325c/(0,33-c) + 1,379c$
Периклаз	$W = 1 + 0,756c/(0,55-c)^2 + 1,344c/(0,55-c) + 8,216c$
Песок кварцевый	$W = 1 + 0,784c/(0,56-c)^2 + 1,425c/(0,56-c) + 8,910c$

Примечание: с – содержание наполнителя, об. доли

Реологические исследования наполненных фурано-эпоксидных систем показали, что диаметр "эффективных" частиц в полимерной системе с полидисперсным наполнителем выравнивается до диаметра частиц монодисперсной фракции в результате различной толщины адсорбционного слоя на частицах неодинакового размера. На частицах полидисперсного наполнителя меньшего размера адсорбируется больше ФАЭД, чем на частицах крупного размера, в результате диаметр "эффективных" частиц становится практически одинаковым.

В табл.5 приведены значения относительной вязкости наполненных ФАЭД в зависимости от объемного содержания дисперсного наполнителя.

Таблица 5

Наполнитель	Содержание наполнителя (об. доли)				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Мука кварцевая	2,1	4,0	9,5	52,6	-
Мука андезитовая	1,9	3,9	12,6	455,3	-
Каолин	1,8	5,1	114,9	-	-
Периклаз	2,5	4,6	8,7	21,3	169,7
Песок кварцевый	2,6	4,8	8,8	20,4	126,6

Анализ экспериментальных данных (табл. 5) показал, что исследованные дисперсные наполнители по степени склонности к агрегированию в полимерном связующем можно в расположить в порядке убывания: каолин – андезитовая мука – кварцевая мука – периклаз – кварцевый песок.

Таким образом, с повышением концентрации дисперсного наполнителя вязкость полимерной системы увеличивается. Это обусловлено уменьшением объемной доли свободной полимерной фазы и исключением из нее доли полимерной фазы между "эффективными" частицами, соединяющимися в агрегаты при неоднородном распределении частиц в жидкой среде. Неоднородность распределения частиц и последующая их агрегация происходит, вероятно, в результате не чисто механического перемешивания частиц в жидкой среде, а вследствие высокого электрокинетического потенциала фаз.

Однако следует учитывать тот факт, что реологические характеристики связующего в дисперсных композиционных системах могут оказывать существенное влияние на формирование непрерывной фазы связующего. Низковязкие материалы хотя и образуют при малом содержании дисперсного наполнителя непрерывную фазу, но легко стекают (разделяются) при наложении сило-скоростного поля, что приводит к нарушению сплошности композитного материала и ухудшению качества формируемых изделий. В значительной степени этот эффект проявляется при переработки композиций с частицами большого диаметра.

1. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций: Пер. с англ. — М.: Химия, 1978. — 312 с.

2. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. — М.: Химия, 1982. — 256 с.

3. Промышленные полимерные композиционные материалы: Пер. с англ. — М.: Химия, 1980. — 472 с.

Получено 28.08.2002

УДК 67/68 : 678.8.021

Б.М.САВЧЕНКО, В.А.ПАХАРЕНКО, д-р техн. наук
Київський національний університет технологій та дизайну

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВОЛОКНА

Наводиться спосіб переробки відходів пляшок з поліетилентерефталату. Запропоновано технологічний процес для одержання комплексного волокна з поліетилентерефталату та поліпропілену. Розглядаються властивості волокон і основні технологічні параметри процесу.

У наш час досить актуальною проблемою є переробка відходів вторинного ПЕТФ, а саме ПЕТФ пляшок. Велика кількість цього цінного полімеру перебуває зараз на вулицях міст. Наша мета — запропонувати спосіб використання відходів ПЕТФ у поєднанні з ПП (полі-